

IB/2004/052756



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

REC'D 21 DEC 2004

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03104837.4 ✓

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk

BEST AVAILABLE COPY



Anmeldung Nr:  
Application no.: 03104837.4 ✓  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 19.12.03 ✓  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property GmbH

20099 Hamburg  
ALLEMAGNE  
Koninklijke Philips Electronics N.V.  
Groenewoudseweg 1  
5621 BA Eindhoven  
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren und Anordnung zur Störungskompensation an einem spannungsgesteuerten  
Frequenzgenerator

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H03B/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI

## BESCHREIBUNG

Verfahren und Anordnung zur Störungskompensation an einem spannungsgesteuerten Frequenzgenerator

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Störungskompensation an  
 5 einem spannungsgesteuerten Frequenzgenerator, wobei der Frequenzgenerator durch  
 eine Abstimmspannung  $V_{tune}$  auf eine Sollfrequenz abgestimmt wird und dessen Ist-  
 Frequenz durch einen Frequenzvergleich der Ist-Frequenz mit einer Referenzfrequenz  
 verglichen und bei einer durch den Frequenzvergleich ermittelten Abweichung  
 nachgeregelt wird, bei dem durch ein Störereignis die Abstimmspannung  $V_{tune}$  durch  
 10 eine vom Störereignis abhängigen Störspannung  $V_{stör}$  verändert und somit eine von der  
 Sollfrequenz abweichende Frequenz erzeugt wird, welche durch die Regelung wieder  
 korrigiert wird.

In vielen, beispielsweise drahtlos arbeitenden Übertragungssystemen, wird mit einem  
 15 Phasenregelkreis (PLL Phase-Locked Loop) eine Abstimmung einer gewünschten  
 Trägerfrequenz auf einen vorgegebenen Sollwert realisiert. Bei ordnungsgemäßer  
 Funktionsweise wird durch den Phasenregelkreis eine sehr stabile Trägerfrequenz  
 erzeugt. Diese wird speziell für Modulationsarten höherer Ordnung, beispielsweise in  
 WLAN-Systemen mit hohen Übertragungsraten verwendet. Bei einer 64-QAM OFDM  
 20 darf die zulässige statische Frequenzabweichung ca. 20 ppm betragen, wohingegen eine  
 dynamische Abweichung von mehr als 0,5 ppm (2,5 kHz bei einer 5 GHz Träger-  
 frequenz) bereits zu einer Verringerung der Performance führt.

Moderne Kommunikations-Standards erfordern typischerweise ein schnelles  
 25 Umschalten zwischen dem Empfangen und dem Senden, was dazu führen kann, dass es  
 zu einer vorübergehenden Frequenzinstabilität der Frequenz des Phasenregelkreises  
 während und/oder nach einem Umschaltvorgang kommen kann.

In einer Variante zur Kompensation derartiger Störungen nach dem Stand der Technik wird der Phasenregelkreis nach einem, durch ein eine Störung erzeugendes Umschalt-  
ereignis, welches beispielsweise das Umschalten auf einen anderen möglichen Kanal  
sein kann, eine von der Sollvorgabe abweichende Frequenz aufweisen, dass heißt der  
5 Phasenregelkreis ist ausgerastet. Nach diesem Umschaltereignis wird der Regelkreis die  
Frequenz des spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) bis zum Erreichen des  
Frequenzsollwertes nachführen, der Phasenregelkreis ist somit wieder auf die  
Sollfrequenz eingerastet. Die Abstimmspannung des spannungsgesteuerten Oszillators  
 $V_{tune}$  weist dann einen geringen Unterschied zu der Abstimmspannung vor dem  
10 Umschalt- bzw. Störereignis auf, infolge von Effekten, die außerhalb des Umfangs  
dieser Beschreibung liegen.

Unabhängig von diesem speziellen Vorgang bewirkt jedes Störereignis einen Ein-  
schwingvorgang des Phasenregelkreises, dass heißt es wird derjenige Spannungsschritt  
15 ermittelt, der zu der Abstimmspannung  $V_{tune}$  hinzugefügt werden muss, um die  
Frequenzabweichung, die durch die Störung bewirkt ist, völlig zu kompensieren und  
somit den Phasenregelkreis wieder zum Einschwingen auf die Sollfrequenz zu bringt.

Ein aus dem Stand der Technik bekannter Phasenregelkreis besteht beispielsweise aus  
20 einer Phasendetektor-Ladungspumpe (Phase Detector Charge Pump PDCP) der ein  
Referenztakt zugeführt wird. Diese Baugruppe ist über ein Schleifenfilter – möglicher  
Weise - dritter Ordnung mit dem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) verbunden.  
Ein die Oszillatorfrequenz ausgebender Ausgang des spannungsgesteuerten Oszillators  
ist über einen Frequenzteiler auf einen zweiten Eingang der Phasendetektor-Ladungs-  
25 pumpe zur Realisierung eines Frequenzvergleiches zwischen der Soll- und der Ist-  
Frequenz geschaltet. Weicht die am Ausgang des spannungsgesteuerten Oszillators  
ausgegebene Frequenz von einem vorgegebenen Sollwert ab, wird durch die Phasen-  
detektor-Ladungspumpe die Steuerspannung des spannungsgesteuerten Oszillators  $V_{tune}$   
bis zum Erreichen der Sollfrequenz nachgeregelt.

Somit weist die durch den Phasenregelkreis zu erzeugende Trägerfrequenz beim Eintreten eines bekannten oder unbekannten Störereignisses eine Abweichung von der Sollfrequenz auf. Dabei sind unter den bekannten Störereignissen durch die Arbeitsweise der Anordnung bedingte Zustandsänderungen, wie beispielsweise das Umschalten zwischen einem Sende- und einem Empfangsvorgang sowie umgekehrt oder ein Kanalwechsel, zu verstehen.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung zur Störungskompensation an einem spannungsgesteuerten Frequenzgenerator zu schaffen, womit eine Abweichung von einer vorgegebenen Sollfrequenz beim Eintreten bekannter Störereignisse vermieden wird.

Gemäß der Erfindung wird die Aufgabe bei einem Verfahren zur Störungskompensation in einem Phasenregelkreis mit einem spannungsgesteuerten Frequenzgenerator der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass bei einem Auslösen eines bekannten Störereignisses eine die Störspannung  $V_{stör}$  kompensierende Spannung  $V_{comp}$  zeitsynchron zu dieser mit umgekehrten Vorzeichen erzeugt und der Störspannung  $V_{stör}$  überlagert wird.

Bei einem Umschaltvorgang von einem Zustand einer Sende-Empfangs-Anordnung in einen anderen, beispielsweise das Umschalten zwischen Senden und Empfangen, kommt es zu einem bekannten Störereignis, und somit zu einer Veränderung der, den spannungsgesteuerten Oszillator steuernden, Abstimmspannung  $V_{tune}$  um den Amplitudenwert der Störspannung  $V_{stör}$ . Wenn nun sowohl der Zeitpunkt eines bekannten Störereignisses als auch der Amplitudenwert der zu dem Störereignis zugehörigen Störspannung  $V_{stör}$  bekannt ist, ist es möglich durch eine zeitsynchrone Erzeugung einer Kompensationsspannung  $V_{comp}$  mit einem umgekehrten Vorzeichen den Einfluss des Störereignisses auf die Abstimmspannung  $V_{tune}$  und somit auf die Ist-Frequenz des Oszillators zu eliminieren. Dabei ist es möglich dass ein einzelnes oder mehrere bekannte Störereignisse eliminiert werden.

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass in einem Messvorgang für alle möglichen bekannten Störereignisse die jeweils zugehörige Kompensationsspannung  $V_{comp}$  ermittelt und in einer Kompensationstabelle gespeichert wird.

5

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Messvorgang und die Abspeicherung der Spannungswerte in der Kompensationstabelle bei einer Inbetriebnahme und/oder im laufenden Betrieb durchgeführt wird.

10 Da zu einer erfindungsgemäßen Kompensation der Störereignisse der durch das Störereignis erzeugte Wert der Störspannung  $V_{stör}$  bekannt sein muss, ist es notwendig, zu jedem möglichen bekannten Störereignis den zugehörigen Störspannungswert zu messen und den gemessenen Wert in einer Datenbank, beispielsweise in tabellarischer Form in einer Kompensationstabelle als Kompensationsspannungswert, zu speichern.

15 Dazu werden in einem Messvorgang nacheinander bekannte Störereignisse durch Zustandsänderungen in der Sende-Empfangseinrichtung simuliert und Messungen durchgeführt. Dieser Vorgang kann bei der erstmaligen Inbetriebnahme einer Anordnung, bei einem Einschaltvorgang, periodisch, Programm gesteuert oder durch Zustandsänderungen im laufenden Betrieb gestartet werden. Nach der Erzeugung der  
20 Kompensationstabelle werden die in ihr gespeicherten Werte durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Störungskompensation genutzt. Die Messung kann auch während der verfahrensgemäßen Störungskompensation durchgeführt werden, um die Arbeitsweise des Verfahrens zu überwachen und um im Fall einer nicht ordnungsgemäßen Kompensation den zum Störereignis zugeordneten Wert zu korrigieren.

25

In einer besonderen Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass vor dem Auftreten eines eine Störspannung  $V_{stör}$  erzeugenden bekannten Störereignisses der in der Kompensationstabelle gespeicherte zugehörige Kompensationsspannungswert ausgelesen wird und mit ihm die Erzeugung der Kompensationsspannung  $V_{comp}$

30 zeitsynchron zum Auftreten der Störspannung gesteuert wird.

Da in der Sende-Empfangs-Anordnung bekannt ist, zu welchem Zeitpunkt eine Betriebszustandsänderung erfolgen wird, kann rechtzeitig vor dem Eintreten des bekannten Störereignisses aus der Kompensationstabelle der zugehörige Wert ausgelesen und mit diesem die Erzeugung der Kompensationsspannung  $V_{comp}$ ,

- 5 beispielsweise durch eine steuerbare Spannungsquelle, zeitsynchron zum Störereignisses gesteuert werden.

Gemäß der Erfindung wird die Aufgabe bei einer Anordnung zur Störungskompensation in einem Phasenregelkreis mit einem spannungsgesteuerten

- 10 Frequenzgenerator der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass der VarGND-Anschluss des spannungsgesteuerten Frequenzgenerators mit einer steuerbaren Spannungsquelle verbunden ist.

An dem im Stand der Technik mit dem Potential GND verbundenen VarGND-

- 15 Anschluss wird eine der Störspannung  $V_{stör}$  entgegen gesetzte Kompensationsspannung  $V_{comp}$  angelegt. Haben beide Spannungen den gleichen Amplitudenwert heben sie sich und damit ihre Wirkung auf den spannungsgesteuerten Frequenzgenerator auf.

In einer Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass die steuerbare Spannungsquelle aus einem Widerstand zwischen dem VarGND-Anschluss und dem Potential GND und einer zwischen dem VarGND-Anschluss und dem Widerstand angeschlossenen steuerbaren Stromquelle besteht.

Zur Erzeugung der Kompensationsspannung  $V_{comp}$  am VarGND-Anschluss des

- 25 spannungsgesteuerten Frequenzgenerators wird ein durch eine steuerbare Stromquelle ein Strom durch den Widerstand zwischen dem VarGND-Anschluss und dem Potential GND getrieben. Durch den Strom bedingt kommt es zu einem Spannungsabfall an dem Widerstand. Dieser Spannungsabfall entspricht der zu erzeugenden Kompensationsspannung. Die Größe des durch die steuerbare Stromquelle erzeugten Stroms wird  
30 durch den zuvor aus der Kompensationstabelle ausgelesenen Kompensationswert bestimmt.

In einer weiteren Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass der VarGND-Anschluss des spannungsgesteuerten Frequenzgenerators mit einem einen Kompensationsstrom erzeugenden Digital-Analog-Wandler verbunden ist und dass der Digital-Analog-Wandler über einen Sende- /Empfangsumschalter mit zwei Registern verbunden ist.

In dieser Ausführung ist der VarGND-Anschluss mit einer steuerbaren Stromquelle verbunden, deren Strom durch den Widerstand zwischen dem VarGND-Anschluss und dem Potential GND fließt und somit einen Spannungsabfall an diesem Widerstand erzeugt, welcher der Kompensationsspannung entspricht. Die als Digital-Analog-Wandler ausgeführte steuerbare Stromquelle wird je nach Betriebszustand der Anordnung über einen Umschalter entweder mit einem für den Sendevorgang oder mit einem für den Empfangsvorgang zuständigen Registerteil, in dem die zu erzeugenden Kompensationswerte gespeichert sind, verbunden.

15

In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der VarGND-Anschluss über einen Spannungsteiler mit der steuerbaren Spannungsquelle derart verbunden ist, dass der Spannungsteiler mit einem ersten Teilwiderstand mit der steuerbaren Spannungsquelle verbunden ist und der zweite in Reihe geschaltete Teilwiderstand mit dem Potential GND verbunden ist und der VarGND-Anschluss mit der Verbindung des ersten Teilwiderstandes mit den zweiten Teilwiderstand verbunden ist.

Zur Erzeugung der Kompensationsspannung  $V_{comp}$  am VarGND-Anschluss des steuerbaren Oszillators kann eine Spannungsquelle mit einem aus zwei Widerständen bestehenden Spannungsteiler, mit dessen Mittelabgriff der VarGND-Anschluss verbunden ist, verwendet werden. Durch das Teilungsverhältnis des Spannungsteilers kann eine entsprechende Dimensionierung der benötigten Kompensationsspannung  $V_{comp}$  erfolgen. Der über den Widerstand zwischen VarGND-Anschluss und GND erzeugte Spannungsabfall entspricht der Kompensationsspannung  $V_{comp}$ . Die

30



Spannungsquelle wird durch den in der Kompensationstabelle gespeicherten Wert gesteuert und erzeugen somit einen zum entsprechenden Störereignis zugehörigen Spannungswert.

- 5 In einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass eine Phasendetektor-Ladungspumpe angeordnet ist, welcher über einen ersten Phasendetektoreingang (PDin1) ein Referenztakt zugeführt wird, wobei der Ausgang der Phasendetektor-Ladungspumpe (Cpout) über ein Schleifenfilter mit dem Eingang eines spannungs-  
10 gesteuerten Frequenzgenerators verbunden ist, dass der Ausgang des spannungs-  
gesteuerten Frequenzgenerators über einen Frequenzteiler mit einem zweiten Phasendetektoreingang (PDin2) verbunden ist, dass weiterhin eine Messschaltung angeordnet ist, und dass das Schleifenfilter aus einer eingangsseitigen ersten Kapazität, einer ausgangsseitigen dritten Kapazität, einem zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Schleifenfilters angeordnetem zweiten Widerstand und einer mit dem Eingang  
15 verbundenen, aus einem ersten Widerstand und einer zweiten Kapazität bestehenden, Reihenschaltung besteht, wobei die zweiten Kapazität der Reihenschaltung mit dem Eingang der Messschaltung verbunden ist, wobei der Eingang der Messschaltung einen virtuellen Ground bildet.
- 20 Zur Messung der durch die erfindungsgemäße Anordnung zu kompensierenden Störspannung  $V_{stör}$  ist in der Anordnung eine Messanordnung mit einem Anschluss des Schleifenfilters verbunden. Durch diese Anordnung werden zu verschiedenen definierbaren Zeitpunkten Messungen der Abstimmspannung  $V_{tune}$  durchgeführt. Wird nun beispielsweise eine erste Messung vor dem Eintreten eines Störereignisses und eine  
25 zweite nach Ablauf einer festgelegten Zeit  $t$  durchgeführt, kann die durch das Störereignis bedingte Spannungsdifferenz gemessen, in einen digitalen Wert gewandelt und in der Kompensationstabelle gespeichert werden. Der Eingang der Messschaltung bildet einen virtuellen Ground für die Reihenschaltung aus einem ersten Widerstand und einer zweiten Kapazität und führt zu einer geringen Abweichung des Potentials gegenüber  
30 dem realen GND-Potential. Diese geringe Abweichung hat aber keinen funktionalen Einfluss auf die Funktion des Phasenregelkreises.

In einer anderen Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Messschaltung aus einer gegen gekoppelten, invertierenden Operationsverstärkeranordnung und einer Analog-Digital-Wandlungseinheit besteht.

5

Da die zu messenden Spannungsdifferenzen nur eine sehr geringe Amplitude aufweisen, werden die Spannungsdifferenzen durch einen Operationsverstärker vor der Analog-Digital-Wandlung verstärkt. Der Operationsverstärker weist zwischen dem invertierenden Eingang und seinem Ausgang eine aus zwei antiparallel geschalteten Dioden bestehende Außenbeschaltung in der Gegenkopplung auf, welche die der nachgeordneten Analog-Digital-Wandlungsanordnung ausgegebene Spannung auf den Bereich von 0V bis 1,5 V begrenzen.

In einer besonders günstigen Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass an den Vtune-Eingang des spannungsgesteuerten Frequenzgenerators eine Messschaltung angeschlossen ist, dass die Messschaltung aus einem als Pufferverstärker arbeitenden ersten Operationsverstärker besteht, dessen Ausgang über einen ersten Widerstand und eine Kapazität mit dem invertierenden Eingang eines zweiten, als gegen gekoppelter, invertierender Verstärker arbeitenden, Operationsverstärkers verbunden ist, dass der nicht invertierende Eingang des zweiten Operationsverstärkers mit einer Referenzspannung verbunden ist, dass der Ausgang des zweiten Operationsverstärkers über zwei antiparallel geschaltete Dioden auf den invertierenden Eingang zurückgekoppelt ist, dass der Ausgang des zweiten Operationsverstärkers weiterhin über einen zweiten Widerstand mit der Verbindung des ersten Widerstands mit der Kapazität verbunden ist und der Ausgang des zweiten Operationsverstärkers einen Anschluss TDet zur Ausgabe einer Spannung aufweist.

Bei der Realisierung der Messschaltung in einen Schaltkreis stellen Kapazitäten mit höheren Kapazitätswerten ein Problem dar. Eine Lösung liegt dann beispielsweise in der Realisierung der Kapazität als ein nicht erwünschtes externes Bauelement. Die

erfindungsgemäße Anordnung kommt mit einer sehr kleinen Kapazität aus, deren Nennwert bei ca. 1 pF liegt. Der zusätzlich notwendige Operationsverstärker OP-AMP, dessen nicht invertierender Eingang mit dem Vtune-Anschluss verbunden ist arbeitet als Pufferverstärker. Der zweite OP-AMP wird als gegen gekoppelter invertierender Verstärker betrieben. Die antiparallelen Dioden in der Gegenkopplung sorgen dafür, dass die Kapazität C auf eine Spannung derart aufgeladen wird, dass das Ausgangssignal Tdet auf den Bereich 0V bis 1,5 V begrenzt wird.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigt

Fig. 1 eine Anordnung eines Phasenregelkreises aus dem Stand der Technik,

Fig. 2 eine Anordnung eines Phasenregelkreises mit der erfindungsgemäßen Kompensation der Störspannung,

Fig. 3 ein typisches Ablaufschema in einer Sende- Empfangseinrichtung,

Fig. 4 eine Anordnung eines Phasenregelkreises mit der erfindungsgemäßen Kompensation der Störspannung und einer Messanordnung zur Ermittlung der Störspannung  $V_{stör}$ ,

Fig. 5 eine weitere Anordnung zur Umsetzung des erfindungsgemäßen Kompensations- und Messverfahrens in einer Sende- Empfangseinheit und

Fig. 6 eine weitere Ausführungsform zum Umsetzen des erfindungsgemäßen Verfahrens, welche zur Integration in einen Schaltkreis geeignet ist.

In der Figur 1 ist eine aus dem Stand der Technik bekannte Anordnung eines Phasenregelkreises dargestellt. Diese besteht aus einer Phasendetektor-Ladungspumpe 1 welche über ein, aus den Elementen R1, R2, C1, C2 und C3 bestehendes, Schleifenfilter 2 dritter Ordnung mit einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) 3 verbunden ist.

- Zur Regelung der vom Oszillator 3 am Ausgang Out ausgegebenen Frequenz wird diese über einen Frequenzteiler 4 auf den PDin2-Eingang der Phasendetektor-Ladungspumpe 1 zurückgeführt. An den zweiten PDin1-Eingang wird zur Durchführung eines Frequenzvergleichs eine externe Referenzfrequenz angelegt. Wird im Ergebnis des
- 5 Frequenzvergleiches zwischen der durch den Frequenzteiler 4 geteilten Ist-Frequenz des Oszillators 3 und der Referenzfrequenz am PDin1-Eingang eine unzulässige Abweichung festgestellt, erfolgt eine Änderung der die Oszillatorfrequenz regelnden Abstimmspannung  $V_{tune}$  bis zum Erreichen des Frequenzsollwertes.
- 10 Gewöhnlicher Weise ist dem Eingang des spannungsgesteuerten Oszillators 3 eine Kapazität C3, welche zu dem Schleifenfilter 2 gehört, parallel geschaltet, so dass das eine Ende der Kapazität C3 mit dem Eingang  $V_{tune}$  und das andere Ende mit dem Masseanschluss  $VarGND$  des Oszillators 3 verbunden ist. Der Anschluss  $VarGND$  ist weiterhin mit dem zentralen Potential GND der Schaltung verbunden.
- 15 Zur Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der VarGND-Eingang des Oszillators 3, wie in der Figur 2 dargestellt, über einen dritten Widerstand R3 mit dem Potential GND der Schaltung verbunden. Der über diesen Widerstand erzeugte Spannungsabfall entspricht der Kompensationsspannung  $V_{comp}$ . Diese kann in ihrer
- 20 Amplitude durch einen, mit dem VarGND-Eingang des Oszillators 3 verbundenen, Digital-Analog-Wandler 5 (DAC = digital analog converter), welcher eine Spannung oder einen Strom erzeugt, gesteuert werden. Bei einem spannungserzeugenden Digital-Analog-Wandler 5 wird zwischen den Wandler 5 und den VarGND-Eingang des Oszillators 3 eine vierter Widerstand R4 eingeschaltet.
- 25 Weil ein Störereignis nur einen kleinen Einfluss auf die Amplitude der Abstimmspannung  $V_{tune}$  hat, wobei die Störspannung etwa im Bereich von 0,1mV bis 10 mV liegt, ist die benötigte Kompensationsspannung  $V_{comp}$  ebenfalls klein. Eine Möglichkeit der Erzeugung der Kompensationsspannung  $V_{comp}$  besteht in der Verwendung eines

Digital-Analog-Wandlers 5. Hat dieser beispielsweise einen Ausgangsspannungsbereich von 0 bis 1 V so wird die zu erzeugende Kompensationsspannung  $V_{comp}$  durch den Einsatz einer, aus den Widerständen R3 und R4 bestehenden, Reihenschaltung zur Spannungsteilung erzeugt. Bei der Nutzung eines Digital-Analog-Wandlers 5 als

5 Stromquelle ist der Widerstand R4 aus der Schaltungsanordnung in der Figur 2 nicht erforderlich. Beispielsweise bei einem maximalen Ausgangsstrom des Digital-Analog-Wandlers 5 von 1 mA wird der Widerstand R3 mit  $R3=10\text{ Ohm}$  dimensioniert.

Die beobachteten Störimpulse durch Schaltvorgänge, beispielsweise das Umschalten

10 zwischen Senden und Empfangen, verlaufen symmetrisch zur Zeitachse. Wenn  $T(Z1, Z2)$  dem Störimpuls entspricht der bei einem Wechsel vom Zustand 1 in den Zustand 2 erzeugt wird, dann gilt  $T(Z1, Z2) = -T(Z2, Z1)$ . Bei der Zuführung einer dem Amplitudenwert der Störspannung  $V_{stör}$  entsprechenden Kompensationsspannung  $V_{comp}$  mit einem umgekehrten Vorzeichen verschwindet der negative Einfluss des Stör-

15 impulses auf die Abstimmungsspannung  $V_{tune}$  und somit auf die Ist-Frequenz des Oszillators

3. Das gleiche Prinzip kann auch bei mehreren zeitgleich oder nacheinander auftretenden Störimpulsen verwendet werden. Hierbei erfolgt eine Kompensation der Störungen jeweils durch das zeitsynchrone Erzeugen einer zu dem Störereignis gehörenden Kompensationsspannung  $V_{comp}$ . Dazu ist in der Figur 3 ein typischer Ablauf in einer

20 Sende- Empfangseinrichtung dargestellt, bei dem das System von einem Sendezustand „Tx“ in einen Zustand „CCA“ mit einer bestimmten hohen Empfangsverstärkung umgeschaltet wird. Nachfolgend startet der AGC-Vorgang, dem der eigentliche Empfangsvorgang „Rx“ folgt. Nach dem Empfangsvorgang „Rx“ folgt ein erneuter „CCA“ Zustand, dem sich dann wieder ein Sendezustand „Tx“ zur Übertragung eines

25 weiteren Datenpaketes anschließt. Jeweils beim Übergang von einem Betriebszustand in einen nachfolgenden treten Störungen auf, die durch das erfindungsgemäße Verfahren, durch das Erzeugen einer zum Störereignis zugehörigen Kompensationsspannung  $V_{comp}$ , kompensiert werden.

Zur Erzeugung einer zu einem Störereignis zugehörigen Kompensationsspannung  $V_{comp}$  ist es notwendig herauszufinden, wie groß die zugehörige Störspannung  $V_{stör}$  ist. Hierfür wird ein Verfahren und eine Anordnung zur Messung der Störspannung  $V_{stör}$  in dem endgültigen System benötigt. Eine mögliche Ausführung ist in der Figur 4 dargestellt. Dieses Messverfahren sollte vorzugsweise die normale Arbeitsweise nicht stören, da beispielsweise ein Driften von Betriebsparametern, auf Grund von Temperaturänderungen, oder anderen Einflüssen verfolgt werden müssen. Da auftretende Störereignisse typischerweise durch den Phasenregelkreis nach Ablauf dessen Regelzeit kompensiert werden ist es möglich, die Differenz der Abstimmspannung  $V_{tune}$  sowohl vor als auch nach der Regelzeit des Phasenregelkreises als ein Maß oder als ein Fehlerkriterium für die Kompensationswerte zu nutzen. Idealerweise sollte keine Veränderung der Abstimmspannung  $V_{tune}$  bei einem Übergang von einem Zustand in einen anderen beobachtet werden, wenn die Kompensation ordnungsgemäß erfolgt. Die Differenz von  $V_{tune}$ , die vor dem Störereignis und nach dem Einschwingen des Phasenregelkreises gemessen wird, ist proportional zu der auftretenden Störspannung, wenn die Messkonstanten für jede Messung konstant gehalten werden.

Da die Kompensationsspannung  $V_{comp}$  im Vergleich zu der Abstimmspannung  $V_{tune}$  klein ist, sollte nur die Änderung der Spannung gemessen werden. Da in jedem Falle die Änderungen von  $V_{tune}$  klein sind, ist eine ausreichende Verstärkung erforderlich. Eine geeignete Messschaltung wird in Figur 4 angegeben, wo C2 mit einem virtuellen Ground verbunden wird, welcher durch einen invertierenden Operationsverstärker 6 erzeugt wird.

Der Operationsverstärker 6 sollte vom CMOS rail-to-rail Typ sein, der bis zur Betriebsspannungsgrenze für Eingänge und Ausgänge arbeiten kann und geringe Eingangsströme hat. Die Spannungsverstärkung ist für Wechselspannungssignale n, zum Beispiel n=100. Ein floatender Gleichspannungsaufsatz ist durch die antiparallelen Dioden begrenzt. Eine angemessene Referenzspannung ist  $V_{ref}=0,75\text{ V}$ , die eine

Eingangsspannung für die Analog-Digital-Wandlungsanordnung (ADC) in der Größenordnung von ungefähr 0 bis 1,5 V ergibt.

- Die Kompensationsspannungen  $V_{comp}$  wird durch eine Berechnung der Differenz von 2
- 5 ADC Samples der Analog-Digital-Wandlungseinheit 0 gemessen, wobei der erste Sample zeitnah an dem Störereignis und der zweite Sample nach einem Einschwingvorgang des Phasenregelkreises, welcher durch das Schleifenfilter 2 bestimmt wird, ermittelt wird. Diese Differenz ist proportional zu der Spannungsdifferenz an C1, die nahe an der Differenz von  $V_{tune}$  ist, wenn der Tiefpassfilter, der durch R2 und C3
- 10 gebildet wird, eine wesentlich höhere Grenzfrequenz als das Hauptschleifenfilter hat.

- Der OP-AMP 6 wird als gegen gekoppelter invertierender Verstärker 6 betrieben, wie z.B. im Buch „Analoge integrierte Schaltungen“ von Miklos Herpy (Franzis Verlag 1979, ISBN 3-7723-6152-8) beschrieben. Die Impedanz des RC-Gliedes in der
- 15 Gegenkopplung des OP-AMPs beträgt  $Z2 = nR1 + n / (j\omega C2)$ , die vor dem invertierenden Eingang
- $$Z1 = R1 + 1 / (j\omega C2) .$$

- Die Wechselspannungsverstärkung beträgt daher näherungsweise
- 20  $v = -Z2 / Z1 = -n$
- und ist insbesondere frequenzunabhängig. Das Verhalten des Schleifenfilters 2 des Phasenregelkreises bleibt durch diese Detektionsschaltung weitgehend unbeeinflusst, da durch die Gegenkopplung sichergestellt ist, dass am invertierenden Eingang des OP-AMP 6 nahezu dieselbe Spannung herrscht wie am nicht invertierenden Eingang, also
- 25  $V_{ref} = 0.75 \text{ V}$ . Diese gegenüber des ursprünglichen Filters in Figur 2 zusätzliche Gleichspannung wird durch die Kapazität C2 abgeblockt und ändert das dynamische Verhalten nicht.

- In der Figur 5 ist eine weitere Variante einer erfindungsgemäßen Anordnung zur
- 30 Umsetzung des Verfahrens in einer TD-2 RF Struktur gezeigt. Da TD-2 RF auf einer Überlagerungsstruktur basiert (superheterodyne architecture) sind immer zwei

Phasenregelkreise (IF und RF) in dem Sende- (Rx) und Empfangs-Ablauf (Tx) einbezogen. So ist die Schaltung nach Figur 4 in der Figur 5 zweimal angeordnet. TD-2 BB hat 2 Sigma/ Delta DACs werden für die Kompensation der Störspannungen genutzt. Die unterstützt weiterhin einen ADC für RSSI Messungen, der mit TD-2 RF verbunden ist, wobei ein analog Multiplexer zwei Eingänge vorsieht, die zu dem ADC über einen einfachen differenzial Umsetzter geschaltet werden können.

Die Schleifenfilter 2 sind so gestaltet, dass ein volles Einschwingen des Phasenregelkreises in ungefähr 200  $\mu$ s erreicht wird. Außer den bekannten Störereignissen sind Veränderungen der Abstimmspannung beispielsweise durch einen Temperaturdrift zu beobachtet, die auch die Abstimmspannung  $V_{tune}$  verändern, auch ohne dass der Phasenregelkreis geöffnet wird. Um zwischen Kurz- und Langzeiteffekten zu unterscheiden, wird der ADC-Sample ungefähr 100  $\mu$ s nach dem Zustandswechsel erzeugt.

Es ist vorteilhaft, eine Störungskompensations- und Messungsschaltungsanordnung auf zukünftigen RF Chips zu integrieren, die einen Phasenregelkreis beinhalten, bei dem hohe Anforderungen an die Frequenzstabilität gestellt werden. Die zusätzliche Schaltung ist einfach und benötigt nicht mehr Energie.

Zur Kompensation kann ein interner Strom-Modus-DAC, der mit VarGND-Anschluss verbunden ist, genutzt werden, wie dies in Figur 6 gezeigt wird. Dieser Strom-Modus-DAC arbeitet als steuerbare Stromquelle Ein externer Widerstand R3 gegenüber dem Potential GND bestimmt die effektive Kompensationsspannung. Aus der TD-2 RF Erfahrung sollte ein 9 Bit monotoner DAC mit 0,5 mA maximalen Ausgangsstrom an einen 10 Ohm externen Widerstand verwendet werden.

Die Schaltung gemäß Figur 4 erfordert in der Regel Kapazitäten, die für eine integrierte Realisierung zu groß sind. Die Schaltung gemäß Figur 6 kommt dagegen mit einer Kapazität C in der Größenordnung 1 pF aus und ist daher besser für eine Integration geeignet, benötigt allerdings einen weiteren Operationsverstärker OP-AMP 6 als



Pufferverstärker. Letzterer wird direkt mit der Abstimmspannung  $V_{tune}$  verbunden, so dass gegenüber der konventionellen unkompensierten Schaltung keine zusätzlichen IC Pins gebraucht werden. Der zweite OP-AMP 6 wird als gegen gekoppelter invertierender Verstärker betrieben mit der Wechselspannungsverstärkung

5  $v = -nR5 / R5 = -n$  .

Die antiparallelen Dioden in der Gegenkopplung sorgen dafür, dass die Kapazität C auf eine Spannung aufgeladen wird derart, dass das Ausgangssignal Tdet auf den Bereich 0 bis 1,5 V begrenzt wird.

**BEZUGZEICHENLISTE**

- |    |   |  |
|----|---|--|
| 5  | 1 | Phasendetektor-Ladungspumpe            |
|    | 2 | Schleifenfilter                        |
|    | 3 | spannungsgesteuerter Frequenzgenerator |
|    | 4 | Frequenzteiler                         |
|    | 5 | Digital-Analog-Wandler                 |
| 10 | 6 | Operationsverstärkeranordnung          |
|    | 7 | Analog-Digital-Wandlungseinheit        |

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Störungskompensation in einem Phasenregelkreis mit einem spannungsgesteuerten Frequenzgenerator, wobei der Frequenzgenerator durch eine Abstimmspannung  $V_{tune}$  auf eine Sollfrequenz abgestimmt wird und dessen Ist-Frequenz durch einen Frequenzvergleich der Ist-Frequenz mit einer Referenzfrequenz verglichen  
5 und bei einer durch den Frequenzvergleich ermittelten Abweichung nachgeregelt wird, bei dem durch ein Störereignis die Abstimmspannung  $V_{tune}$  durch eine vom Störereignis abhängige Störspannung  $V_{stör}$  verändert und somit eine von der Sollfrequenz abweichende Frequenz erzeugt wird, welche durch die Regelung wieder korrigiert wird, dadurch gekennzeichnet,
- 10 dass bei einem Auslösen eines bekannten Störereignisses eine die Störspannung  $V_{stör}$  kompensierende Spannung  $V_{comp}$  zeitsynchron zu dieser mit umgekehrten Vorzeichen erzeugt und der Störspannung  $V_{stör}$  überlagert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 0,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass in einem Messvorgang für alle möglichen bekannten Störereignisse die jeweils zugehörige Kompensationsspannung  $V_{comp}$  ermittelt und in einer Kompensationstabelle gespeichert wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 0,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Messvorgang und die Abspeicherung der Spannungswerte in der Kompensationstabelle bei einer Inbetriebnahme und/oder im laufenden Betrieb durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 0,

dadurch gekennzeichnet,

dass vor dem Auftreten einer Störspannung  $V_{stör}$  erzeugenden bekannten

- 5 Störereignisses der in der Kompensationstabelle gespeicherte zugehörige Kompensationsspannungswert ausgelesen wird und mit ihm die Erzeugung der Kompensationsspannung  $V_{comp}$  zeitsynchron zum Auftreten der Störspannung gesteuert wird.

5. Anordnung zur Störungskompensation in einem Phasenregelkreis mit einem

- 10 spannungsgesteuerten Frequenzgenerator, wobei der Frequenzgenerator einen Vtune-Eingang und einen VarGND-Anschluss aufweist,

dadurch gekennzeichnet,

dass der VarGND-Anschluss des spannungsgesteuerten Frequenzgenerators (3) mit einer steuerbaren Spannungsquelle verbunden ist.

15

6. Anordnung nach Anspruch 0,

dadurch gekennzeichnet,

dass die steuerbare Spannungsquelle aus einem Widerstand zwischen dem VarGND-Anschluss und dem Potential GND und einer zwischen dem VarGND-Anschluss und  
20 dem Widerstand angeschlossenen steuerbaren Stromquelle besteht.

7. Anordnung nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

- 25 dass der VarGND-Anschluss des spannungsgesteuerten Frequenzgenerators (3) mit einem einen Kompensationsstrom erzeugenden Digital-Analog-Wandler (5) verbunden ist und dass der Digital-Analog-Wandler (5) über einen Sende- /Empfangsumschalter mit zwei Registern verbunden ist.

8. Anordnung nach Anspruch 0,

dadurch gekennzeichnet,

dass der VarGND-Anschluss über einen Spannungsteiler mit der steuerbaren Spannungsquelle derart verbunden ist, dass der Spannungsteiler mit einem ersten

- 5 Teilwiderstand mit der steuerbaren Spannungsquelle verbunden ist und der zweite in Reihe geschaltete Teilwiderstand mit dem Potential GND verbunden ist und der VarGND-Anschluss mit der Verbindung des ersten Teilwiderstandes mit den zweiten Teilwiderstand verbunden ist.

10 9. Anordnung nach einem der Ansprüche 0 bis 0,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine Phasendetektor-Ladungspumpe (1) angeordnet ist, welcher über einen ersten Phasendetektoreingang (PDin1) ein Referenztakt zugeführt wird, wobei der Ausgang der Phasendetektor-Ladungspumpe (Cpout) über ein Schleifenfilter (2) mit dem

- 15 Eingang eines spannungsgesteuerten Frequenzgenerators (3) verbunden ist, dass der Ausgang des spannungsgesteuerten Frequenzgenerators (3) über einen Frequenzteiler (4) mit einem zweiten Phasendetektoreingang (PDin2) verbunden ist, dass weiterhin eine Messschaltung angeordnet ist, und dass das Schleifenfilter (2) aus einer eingangsseitigen ersten Kapazität, einer ausgangsseitigen dritten Kapazität, einem
- 20 zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Schleifenfilters angeordnetem zweiten Widerstand und einer mit dem Eingang verbundenen, aus einem ersten Widerstand und einer zweiten Kapazität bestehenden, Reihenschaltung besteht, wobei die zweiten Kapazität der Reihenschaltung mit dem Eingang der Messschaltung verbunden ist, wobei der Eingang der Messschaltung einen virtuellen Ground bildet.

25

10. Anordnung nach Anspruch 0,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Messschaltung aus einer gegen gekoppelten, invertierenden Operationsverstärkeranordnung (6) und einer Analog-Digital-Wandlungseinheit (0) besteht.

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 0 bis 0,  
dadurch gekennzeichnet,

- 5 dass an den Vtune-Eingang des spannungsgesteuerten Frequenzgenerators (3) eine  
Messschaltung angeschlossen ist, dass die Messschaltung aus einem als Pufferverstärker  
arbeitenden ersten Operationsverstärker besteht, dessen Ausgang über einen ersten  
Widerstand und eine Kapazität mit dem invertierenden Eingang eines zweiten, als  
gegen gekoppelter, invertierender Verstärker arbeitenden, Operationsverstärkers  
verbunden ist, dass der nicht invertierende Eingang des zweiten Operationsverstärkers  
10 mit einer Referenzspannung verbunden ist, dass der Ausgang des zweiten Operations-  
verstärkers über zwei antiparallel geschaltete Dioden auf den invertierenden Eingang  
zurückgekoppelt ist, dass der Ausgang des zweiten Operationsverstärkers weiterhin  
über einen zweiten Widerstand mit der Verbindung des ersten Widerstands mit der  
Kapazität verbunden ist und der Ausgang des zweiten Operationsverstärkers einen  
15 Anschluss TDet zur Ausgabe einer Spannung aufweist.

ZUSAMMENFASSUNG

Verfahren und Anordnung zur Störungskompensation an einem spannungsgesteuerten Frequenzgenerator

Der Erfindung, die ein Verfahren und eine Anordnung zur Störungskompensation in einem Phasenregelkreis mit einem spannungsgesteuerten Frequenzgenerator betrifft, wobei der Frequenzgenerator durch eine Abstimmspannung  $V_{tune}$  auf eine Sollfrequenz abgestimmt wird und dessen Ist-Frequenz durch einen Frequenzvergleich der Ist-Frequenz mit einer Referenzfrequenz verglichen und bei einer durch den Frequenzvergleich ermittelten Abweichung nachgeregelt wird, bei dem durch ein Störereignis die Abstimmspannung  $V_{tune}$  durch eine vom Störereignis abhängigen Störspannung  $V_{stör}$  verändert und somit eine von der Sollfrequenz abweichende Frequenz erzeugt wird, welche durch die Regelung wieder korrigiert wird, liegt die Aufgabe zugrunde, Verfahren und eine Anordnung zur Störungskompensation in einem Phasenregelkreis mit einem spannungsgesteuerten Frequenzgenerator zu schaffen, womit eine Abweichung von einer vorgegebenen Sollfrequenz beim Eintreten bekannter Störereignisse vermieden wird. Gemäß der Erfindung wird die Aufgabe verfahrensseitig dadurch gelöst, dass bei einem Auslösen eines bekannten Störereignisses eine die Störspannung  $V_{stör}$  kompensierende Spannung  $V_{comp}$  zeitsynchron zu dieser mit umgekehrten Vorzeichen erzeugt und der Störspannung  $V_{stör}$  überlagert wird.

20

Fig. 4

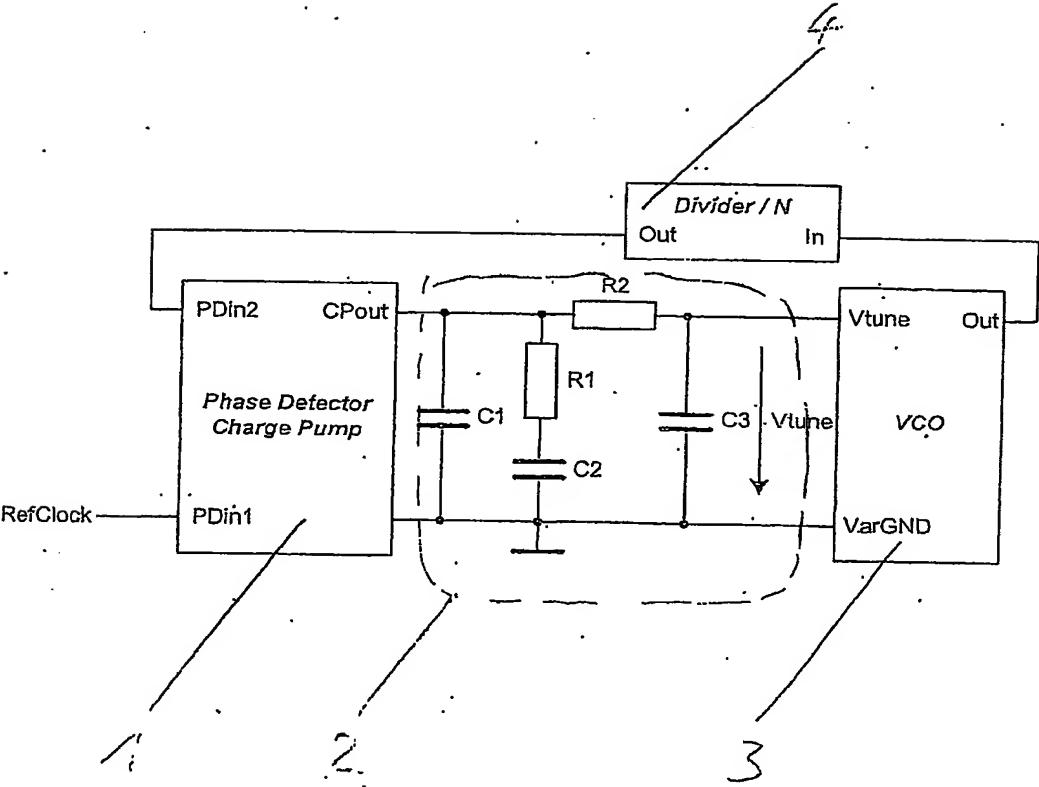


Fig. 1



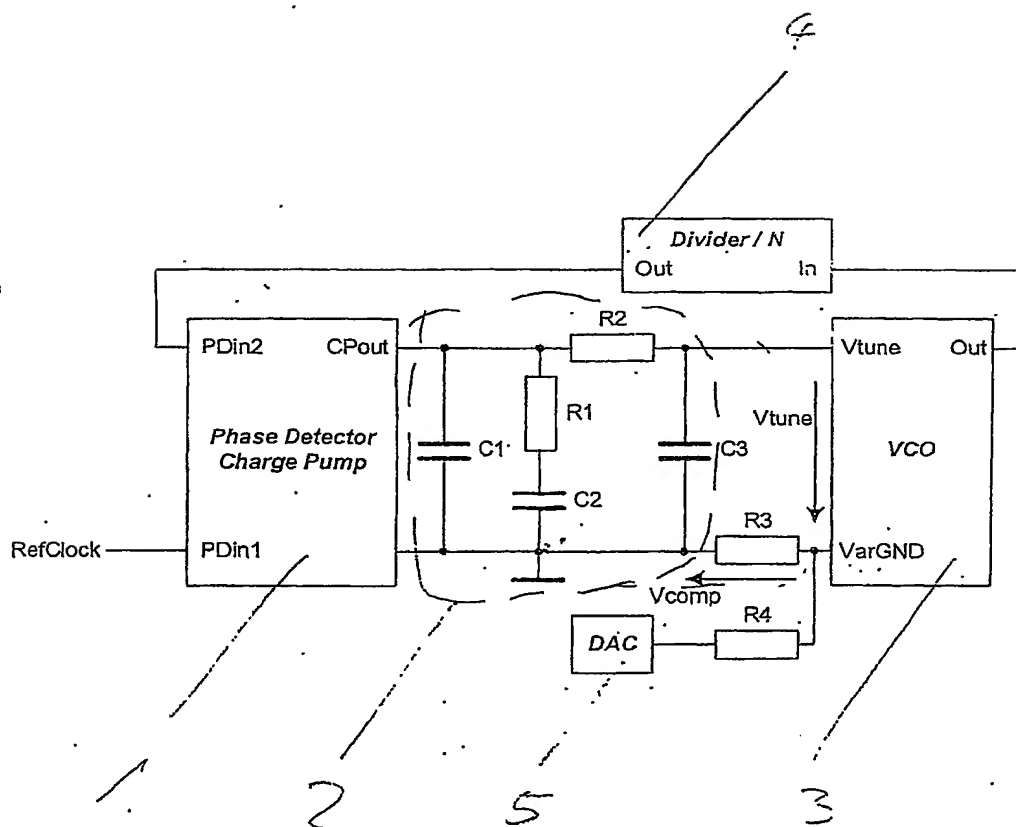


Fig. 2

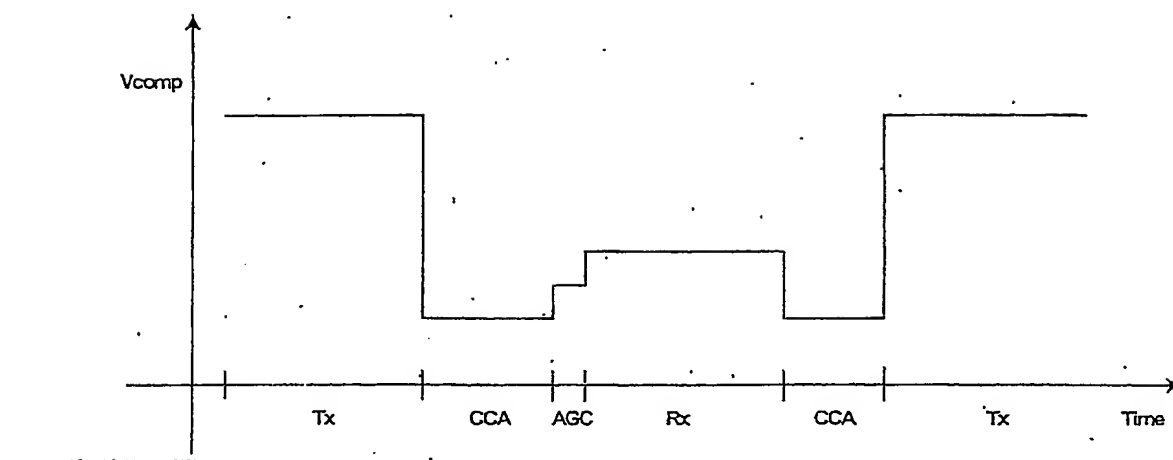


Fig. 3

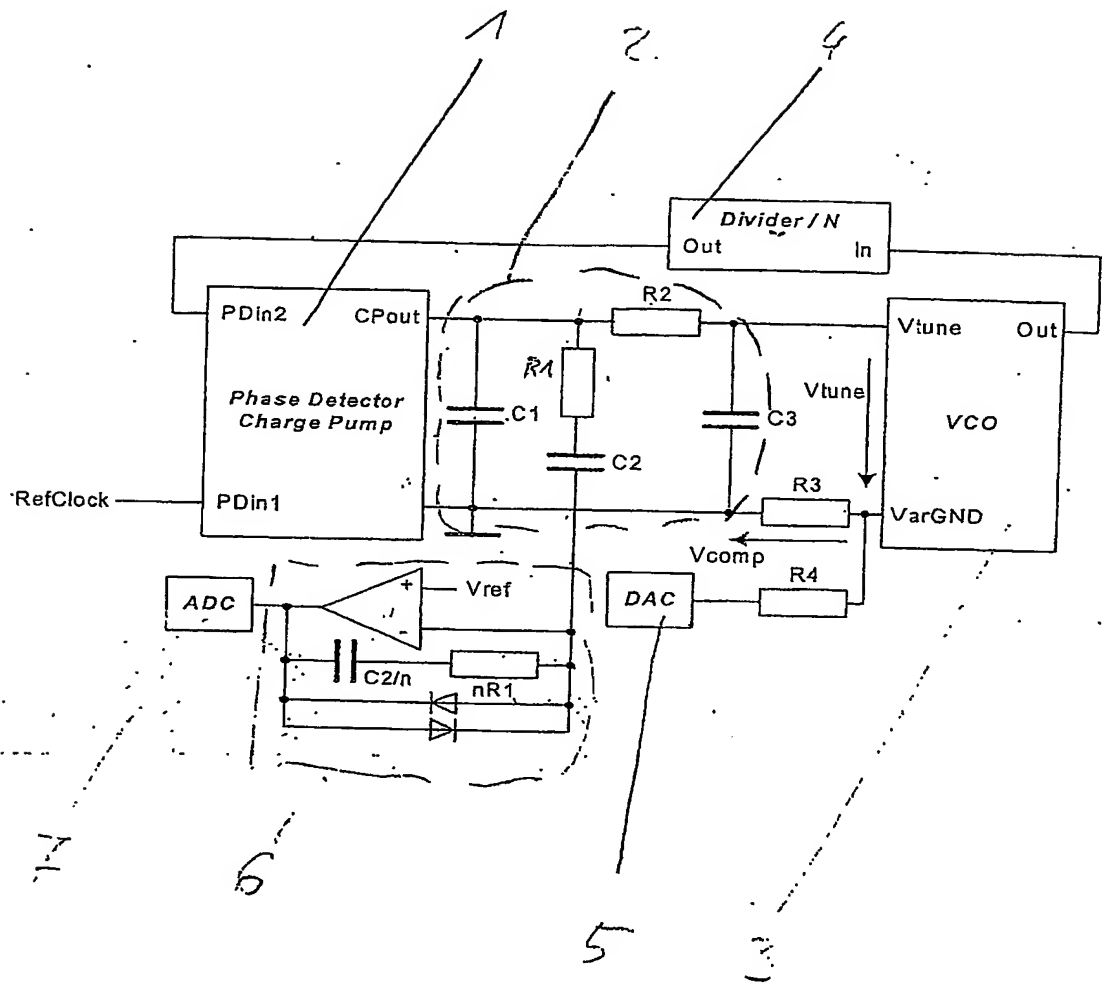


Fig. 4



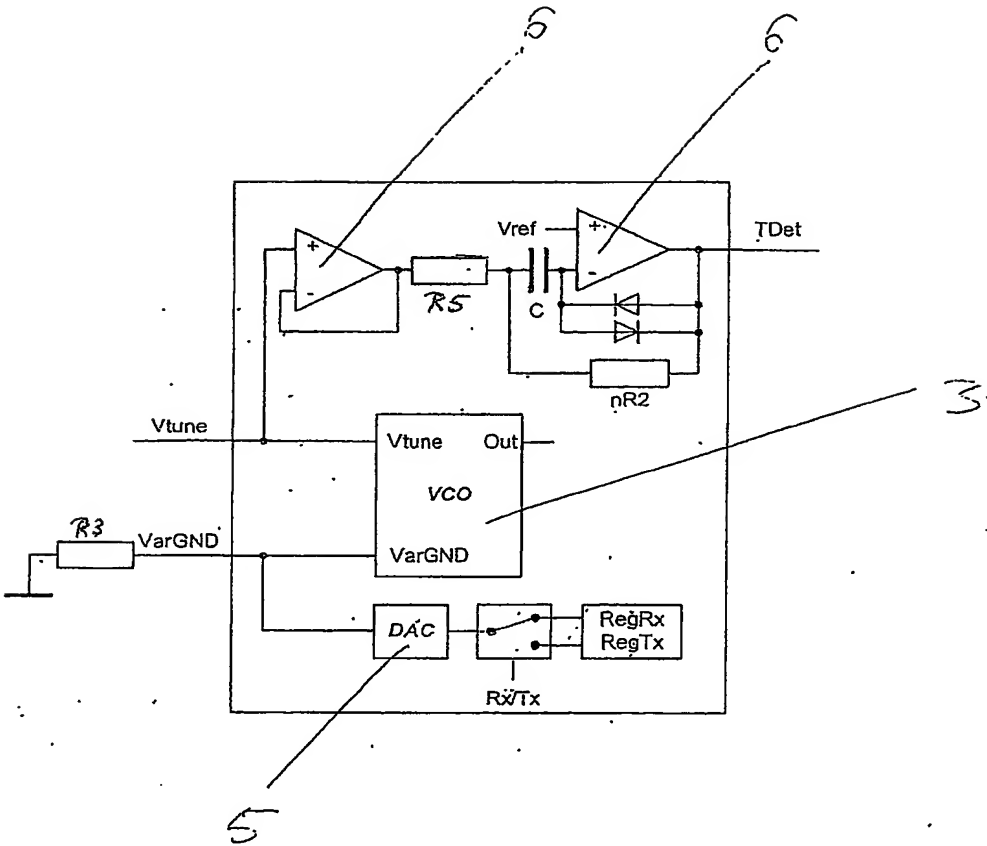


Fig. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**